

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



536991

(43) 国際公開日
2004 年 6 月 10 日 (10.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/049215 A1

(51) 国際特許分類⁷: G06F 17/50

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014332

(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 11 日 (11.11.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2002-344838
2002 年 11 月 28 日 (28.11.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 陳 慧 (CHEN, Hui)

[CN/JP]; 〒371-0845 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP). 馬 勇進 (MA, Yusin) [JP/JP]; 〒371-0845 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).

(74) 代理人: 安形 雄三 (AGATA, Yuzo); 〒107-0052 東京都港区赤坂 2 丁目 1 3 番 5 号 Tokyo (JP).

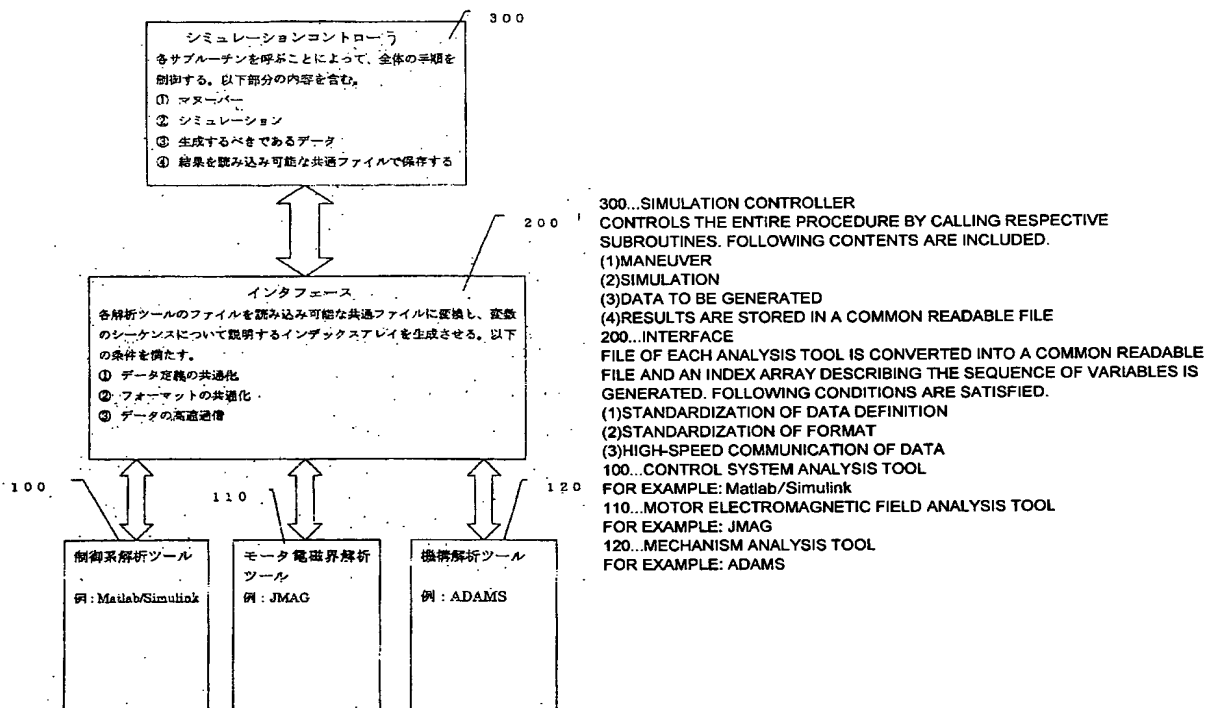
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特

[続葉有]

(54) Title: INTEGRAL DESIGN SYSTEM OF MOTOR POWER STEERING SYSTEM

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置の統合設計システム



(57) Abstract: A design system of a motor power steering system for imparting an auxiliary steering force to a steering mechanism based on a current control value, operated from an auxiliary steering command value operated by an operating means based on a steering torque and a vehicle speed and from

[続葉有]



許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

a motor current value detected by a motor current detecting means, wherein a simulation controller interconnects a control system analysis tool, a motor electromagnetic field analysis tool and a vehicle mechanism analysis tool through interfaces in order to perform an integral simulation on the motor power steering system.

(57) 要約: 操舵トルク及び車速に基づいて演算手段で演算された操舵補助指令値と、モータ電流検出手段で検出されたモータ電流値とから演算した電流制御値に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置の設計システムであり、シミュレーションコントローラは制御系解析ツール、モータ電磁界の解析ツール及び車の機構解析ツールをインタフェースで連結し、前記電動パワーステアリング装置の統合的なシミュレーションを行う。

明 細 書

電動パワーステアリング装置の統合設計システム

5 技術分野

本発明は、自動車や車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置をコンピュータでシミュレーションし、効率的かつ迅速に電動パワーステアリング装置を設計するための電動パワーステアリング装置の統合設計システムに関する。

10

背景技術

自動車や車両のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック
15 軸に補助負荷付勢するようになっている。かかる電動パワーステアリング装置は、アシストトルク（操舵補助トルク）を正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、電流制御値とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的にPWM（パ
20 ルス幅変調）制御のデューティ比の調整で行っている。

ここで、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を第1図に示して説明すると、操向ハンドル1の軸2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5を経て操向車輪のタイロッド6に結合されている。軸2には、操向ハンドル1の操舵トルクを検出
25 するトルクセンサ10が設けられており、操向ハンドル1の操舵力をアシストするモータ20が減速ギア3を介して軸2に結合されている。パ

ワーステアリング装置を制御するコントロールユニット 30 には、バッテリー 14 からイグニッションキー 11 及び電源リレー 13 を経て電力が供給され、コントロールユニット 30 は、トルクセンサ 10 で検出された操舵トルク T と車速センサ 12 で検出された車速 V とに基いてアシスト
5 指令の操舵補助指令値 I の演算を行い、演算された操舵補助指令値 I に基いてモータ 20 に供給する電流を制御する。

コントロールユニット 30 は主として CPU で構成されるが、その CPU 内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと第 2 図のようになる。例えば位相補償器 31 は独立したハードウェアとしての
10 位相補償器を示すものではなく、CPU で実行される位相補償機能を示している。

コントロールユニット (ECU) 30 の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ 10 で検出されて入力される操舵トルク T は、操舵系の安定性を高めるために位相補償器 31 で位相補償され、位相補償された操舵トルク T_A が操舵補助指令値演算器 32 に入力される。又、車速センサ 12 で検出された車速 V も操舵補助指令値演算器 32 に入力される。
15 操舵補助指令値演算器 32 は、入力された操舵トルク T_A 及び車速 V に基いてモータ 20 に供給する電流の制御目標値である操舵補助指令値 I を演算して決定する。操舵補助指令値 I は減算器 30A に入力されると共に、応答速度を高めるためのフィードフォワード系の微分補償器 34
20 に入力され、減算器 30A の偏差 $(I - i)$ は比例演算器 35 に入力され、その比例出力は加算器 30B に入力されると共に、フィードバック系の特性を改善するための積分演算器 36 に入力される。微分補償器 34 及び積分演算器 36 の出力も加算器 30B に加算入力され、加算器 30B
25 での加算結果である電流制御値 E が、モータ駆動信号としてモータ駆動回路 37 に入力される。モータ 20 のモータ電流値 i はモータ電流

検出手段 38 で検出され、検出されたモータ電流値 i は減算器 30A に入力されてフィードバックされる。

このような電動パワーステアリング装置 (EPS) を設計する場合、従来は第 3 図に示すような形態で行っている。即ち、電動パワーステアリング装置の製造会社 (部品メーカー) ではパソコン等を使用してシステム設計を行い、上述した電動パワーステアリング装置のプロトタイプを作製する。プロトタイプに対して HIL (Hardware in the Loop) テストやベンチシミュレータを実施し、電動パワーステアリング装置の評価やパラメータのキャリブレーションを行い、その最終調整後に製品としての電動パワーステアリング装置を自動車メーカーに納入する。HIL はハードウェアとバーチャルシステム (車を含めた ECU 以外の部分) と繋がり、ECU の性能や品質を評価する手段であり、ベンチシミュレータは製品 (ECU、モータ、ステアリングギア等) と製品以外の擬似的な部分 (車) で構成されたシステムの性能や品質を評価する装置である。

電動パワーステアリング装置の自動車メーカーへの納入時に、電動パワーステアリング装置の製造会社は自動車メーカーに対して、制御プログラムやチューニングパラメータを E メールで送信する。部品メーカーから自動車メーカーへの送信データは、ECU の実行ファイル (例えば、".mot" の実行ファイル) とチューニング用パラメータファイル (例えば、".c" 等の C 言語ファイル) である。

自動車メーカーでは納入された電動パワーステアリング装置に対して、送信された制御プログラムやチューニングパラメータを用いて CAN (Control Area Network) でチューニングを行うと共に、チューニングを繰り返して搭載する自動車に適したキャリブレーションデータを決定する。そして、最終調整された電動パワーステアリング装置を車に搭載す

ると共に、電動パワーステアリング装置の製造会社（部品メーカー）に当該データをEメール等でフィードバックする。キャリブレーションデータを受信した電動パワーステアリング装置の製造会社は、自動車メーカーから送られたデータを基にして上記システム設計動作を繰り返し、

5 より良い製品の完成を目指している。

上述のような設計、製造形態において、従来設計の効率化を図るためのソフトウェア開発及びその利用が普及しており、制御系の設計に関しては第4図に示すようなソフトウェアの支援を受けており、機械系の設計に関しては第5図に示すようなソフトウェアの支援を受けている。即ち、制御系の設計では、例えば Matlab/Simulink（商標名）、JMAG（商標名）といった支援ソフトが市販されており、第4図に示すようにトルク指令（電流指令）を与えて（ステップS10）モータ制御を行い（ステップS11）、モータからの電流出力を検出し（ステップS12）、その出力に基づいてモータ解析を行う（ステップS13）。モータ解析によってトルク、電圧を算出し（ステップS14）、これらトルク、電圧をモータ制御にフィードバックしている。ステップS13及びS14はJMA

10 Gで計算し、その他は Matlab/Simulink で計算し、その間のデータのやり取りはインタフェース(S-Function)を経由して行う。このようなソフト支援によってモータ制御の設計が容易になっている。

また、機械系の設計では、例えば ADAMS（商標名）といった支援ソフトが市販されており、第5図に示すように操舵角（操舵トルク）を与えて（ステップS20）電動パワーステアリング制御を行い（ステップS21）、電動パワーステアリングの機械系を駆動し（ステップS22）、その出力に基づいて車を走行させる（ステップS23）。車の走行によって得られる特性を、電動パワーステアリングの制御にフィードバックし

25 ている。このようなソフト支援によって機械系制御の設計が容易になっ

ている。

上述のように従来は電動パワーステアリングの開発のための設計において、制御系の支援ソフトがあったり、機械系の支援ソフトがあったりして開発の迅速化を実現しているが、全体的な統合を図ったものは出現
5 していなかった。そのため、制御系と機械系で個別に開発せざるを得なかった。

また、製品のサブシステム（E C U＋モータ＋メカ）と車を組合わせる前に、製品のサブシステム及び製品のサブシステムを含めた車システムの解析、設計の最適化検討、機能・性能等の事前評価を行うことが必要
10 である。例えばモータの慣性はどのように操舵性能に影響するかは、モータ・制御系及び電動パワーステアリング機構の設計と車の特性に関わる。従って、サブシステム及び全体システムの解析・評価を行い得る設計支援システムが必要である。

本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、
15 電動パワーステアリングの開発における支援ソフトを、制御系と機械系を統合することによって効率的かつ迅速に行い得るようにした電動パワーステアリング装置の統合設計システムを提供することにある。

発明の開示

20 本発明は、操舵トルク及び車速に基いて演算手段で演算された操舵補助指令値と、モータ電流検出手段で検出されたモータ電流値とから演算した電流制御値に基いてステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置の設計システムに関するもので、本発明の上記目的は、シミュレーションコントローラは制御系解析ツール、モータ電磁
25 界の解析ツール及び車の機構解析ツールをインタフェースで連結し、前記電動パワーステアリング装置の統合的なシミュレーションを行い得る

ようにすることによって達成される。

また、本発明の上記目的は、前記シミュレーションコントローラは、前記インタフェースを通して各サブルーチンを呼ぶことにより全体のシーケンスを制御・管理することによって、或いは前記インタフェースは、

5 前記制御系解析ツール、モータ電磁界の解析ツール及び車の機構解析ツールの各フォーマットを同一フォーマットに変換することによって、より効果的に達成される。

図面の簡単な説明

10 第1図は電動パワーステアリング装置の一例を示す図である。

第2図はコントロールユニットの一般的な内部構成を示すブロック図である。

第3図は従来の電動パワーステアリングの開発環境を説明するための図である。

15 第4図は制御系の開発ツールを説明するためのフローチャートである。

第5図は機械系の開発ツールを説明するためのフローチャートである。

第6図は本発明の原理を説明するためのブロック構成図である。

第7図は本発明の動作例を示すフローチャートである。

20 発明を実施するための最良の形態

本発明では、電動パワーステアリング装置の開発時に制御系の解析ツール、モータ電磁界の解析ツール、車の機構解析ツールをソフトウェア的に統合することで、電動パワーステアリング装置の設計を容易にし、しかも設計の効率化と迅速化を実現している。

25 以下に本発明の実施例を、図面を参照して説明する。

第6図は本発明の原理構成を示しており、統合設計システムのシミュ

レーションコントローラ 300 により、各サブルーチンを呼ぶことによって全体の手順を制御し、シミュレーションコントローラ 300 は (1) マニューパー、(2) シミュレーション、(3) 生成するべきであるデータ及び (4) 結果を読み込み可能な共通ファイルで保存する、といった
5 4つの内容を含んでいる。また、シミュレーションコントローラ 300 にはインタフェース 200 が接続されており、インタフェース 200 には制御系解析ツール 100、モータ電磁界解析ツール 110 及び機構解析ツール 120 が接続されている。そして、インタフェース 200 は、各解析ツールのファイルを読み込み可能な共通ファイルに変換し、変数シーケンスについて説明するインデックスアレイを生成する。インタフェ
10 ース 200 は主として、(1) データ定義の共通化、(2) フォーマットの共通化及び (3) データの高速通信の機能を有している。制御系解析ツール 100、モータ電磁界解析ツール 110 及び機構解析ツール 120 は前述した従来のソフトウェアであり、制御系解析ツール 100 は M
15 atlab/Simulink 又はその類似ソフトであり、モータ電磁界解析ツール 110 は JAMG 又はその類似ソフトであり、機構解析ツール 120 は ADAMS 又はその類似ソフトである。

例えば制御系解析ツール 100 の Matlab/Simulink で提供されている S-Function 機能を通して、制御系解析ツール 100 の Matlab/Simulink 及びモータ電磁界解析ツール 110 の JAMG と、制御系解析ツール
20 ink 及びモータ電磁界解析ツール 110 の JAMG と、制御系解析ツール 100 の Matlab/Simulink 及び車の機構解析ツール 120 の ADAMS と、制御系解析ツール 100 の Matlab/Simulink を経由したモータ電磁界解析ツール 110 の JAMG 及び車の機構解析ツール 120 の ADAMS との間のデータやり取りを行う。制御系解析ツール 100 の Matlab/Si
25 mulink で提供された WORK VECTOR を使用して、インタフェース 200 のデータやり取りに必要な常駐メモリ領域を確保し、構成されたイ

インタフェースソフト(S-Function)をDLL(Dynamic Link Library)に
することにより、解析ツール間のデータやり取りの速度を一層向上する
ことができる。計算状態の管理は Matlab/Simulink で行う。例えば計算
ステップの進行は Matlab/Simulink で行い、インタフェース 200 を通
5 してステップ毎に JMAG 及び ADAMS を計算させる。計算結果は、イン
タフェース 200 を通してお互いに共有する。

本発明では第7図に示すように、先ず操舵角（操舵トルク）を与えて
（ステップS30）電動パワーステアリングのトルク制御を行い（ステ
ップS31）、モータ制御を行い（ステップS32）、モータからの電流
10 出力を検出し（ステップS33）、その出力に基づいてモータ解析を行う
（ステップS34）。モータ解析によってトルク、電圧を算出し（ステッ
プS35）、これらトルク、電圧をモータ制御にフィードバックしている。
その後、電動パワーステアリングの機械系を駆動し（ステップS36）、
その出力に基づいて車を走行させる（ステップS37）。車の走行によっ
15 て得られる特性を電動パワーステアリングの制御にフィードバックして
いる。

上記ステップS34（モータ解析）とステップS35（トルク、電圧
／電流計算）は JMAG で行い、ステップS36（EPS機械系）とステ
ップS37（車）は ADAMS で行い、その他の計算は Matlab/Simulink
20 で行う。また、3つの解析ツール間のデータやり取りはインタフェース
200を経由して行う。

上述の例では制御系解析ツール100として Matlab/Simulink を、モ
ータ電磁界解析ツール110として JAMG を、車の機構解析ツール12
0として ADAMS をそれぞれ例に挙げているが、他のソフトウェアでも
25 代替可能である。

産業上の利用可能性

- 本発明では汎用解析ツールの間にインタフェースを設け、各コンポーネントの解析ツールを統合化し、システムの解析及び設計の最適化検討、プロトタイプでの検証評価、客先での評価、評価結果のシステム再解析
- 5 及び設計の最適化検討へのフィードバックを行っているので、効率的で迅速な設計環境を実現できる。また、製品のサブシステム（ECU＋モータ＋メカ）と車を組み合わせる前に、製品のサブシステム及び製品のサブシステムを含めた車システムの解析、設計の最適化検討、機能・性能等の事前評価を簡単に行うことができる。
- 10 更に、車の「止まる・曲がる・走る」の統合制御が可能になる。

請 求 の 範 囲

1. 操舵トルク及び車速に基づいて演算手段で演算された操舵補助指令値と、モータ電流検出手段で検出されたモータ電流値とから演算した電流制御値に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置の設計システムであり、シミュレーションコントローラは制御系解析ツール、モータ電磁界の解析ツール及び車の機構解析ツールをインタフェースで連結し、前記電動パワーステアリング装置の統合的なシミュレーションを行い得るようにしたことを特徴とする電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

10

2. 前記シミュレーションコントローラは、前記インタフェースを通じて各サブルーチンを呼ぶことにより全体のシーケンスを制御・管理するようになっている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

15

3. 前記シミュレーションコントローラは、マヌーバー、シミュレーション、生成するべきであるデータ、結果を読み込み可能な共通ファイルで保存する機能を有している請求項1に記載の電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

20

4. 前記インタフェースは、前記制御系解析ツール、モータ電磁界の解析ツール及び車の機構解析ツールの各フォーマットを同一フォーマットに変換するようになっている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

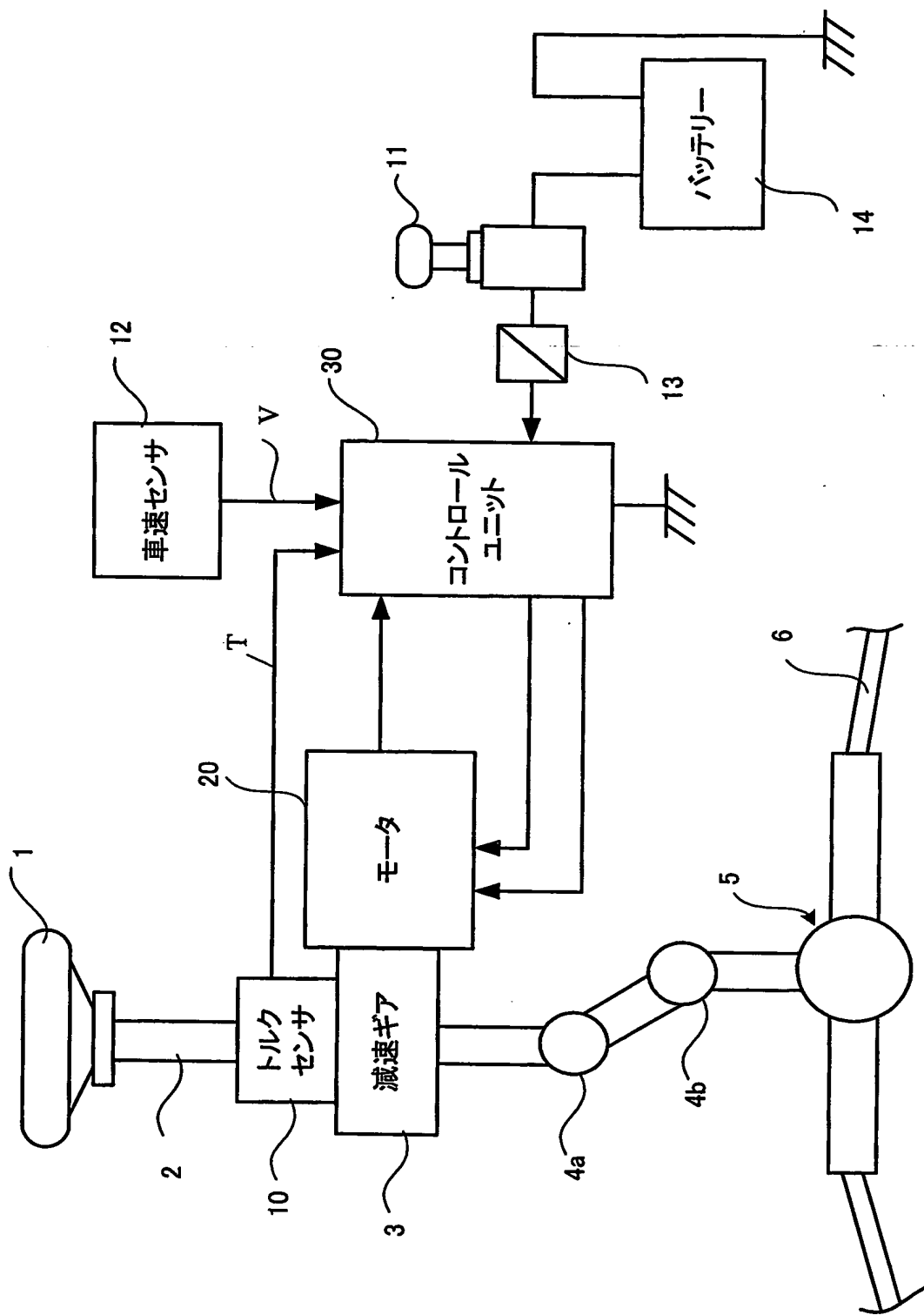
25

5. 前記インタフェースは、各解析ツールのファイルを読み込み可能な共

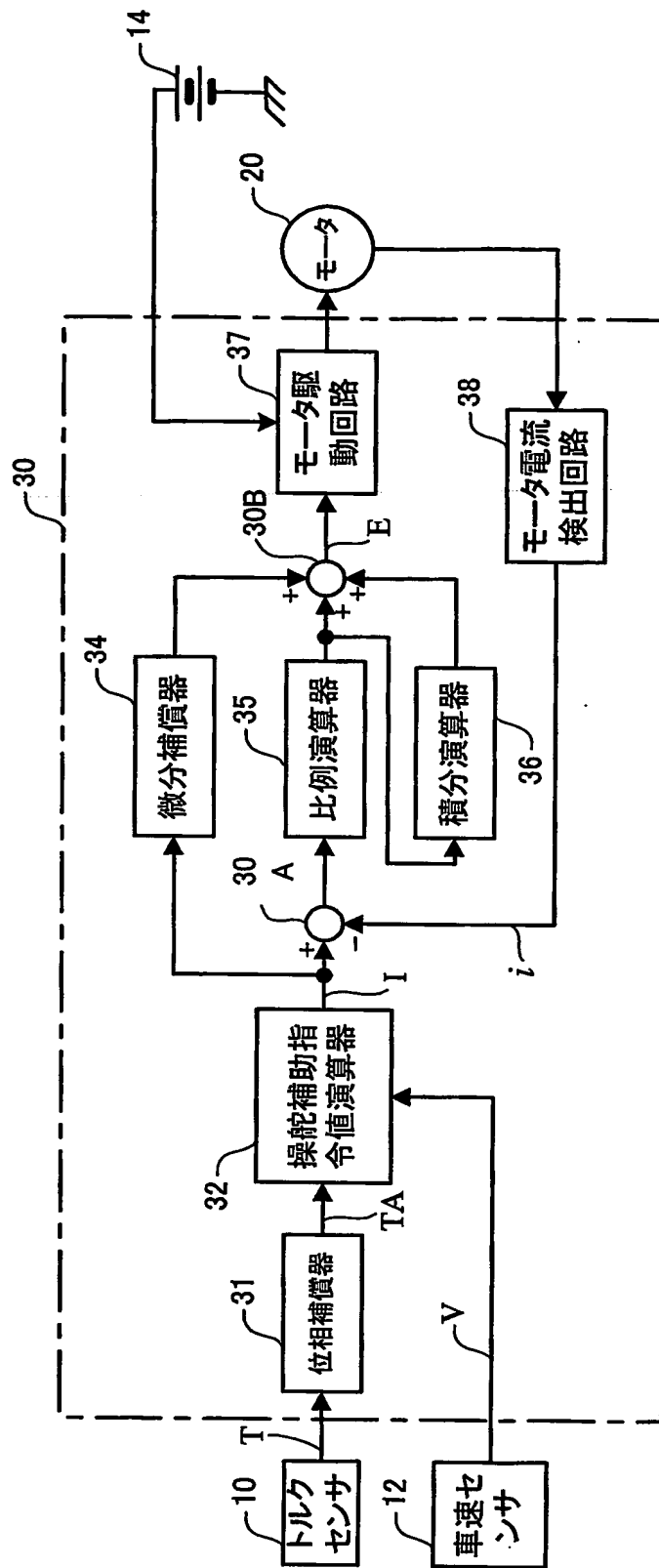
通ファイルに変換し、変換シーケンスについて説明するインデックスアレイを生成するようになっている請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

- 5 6. 前記インタフェースは、データ定義の共通化、フォーマットの共通化及びデータの高速通信の機能を有している請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置の統合設計システム。

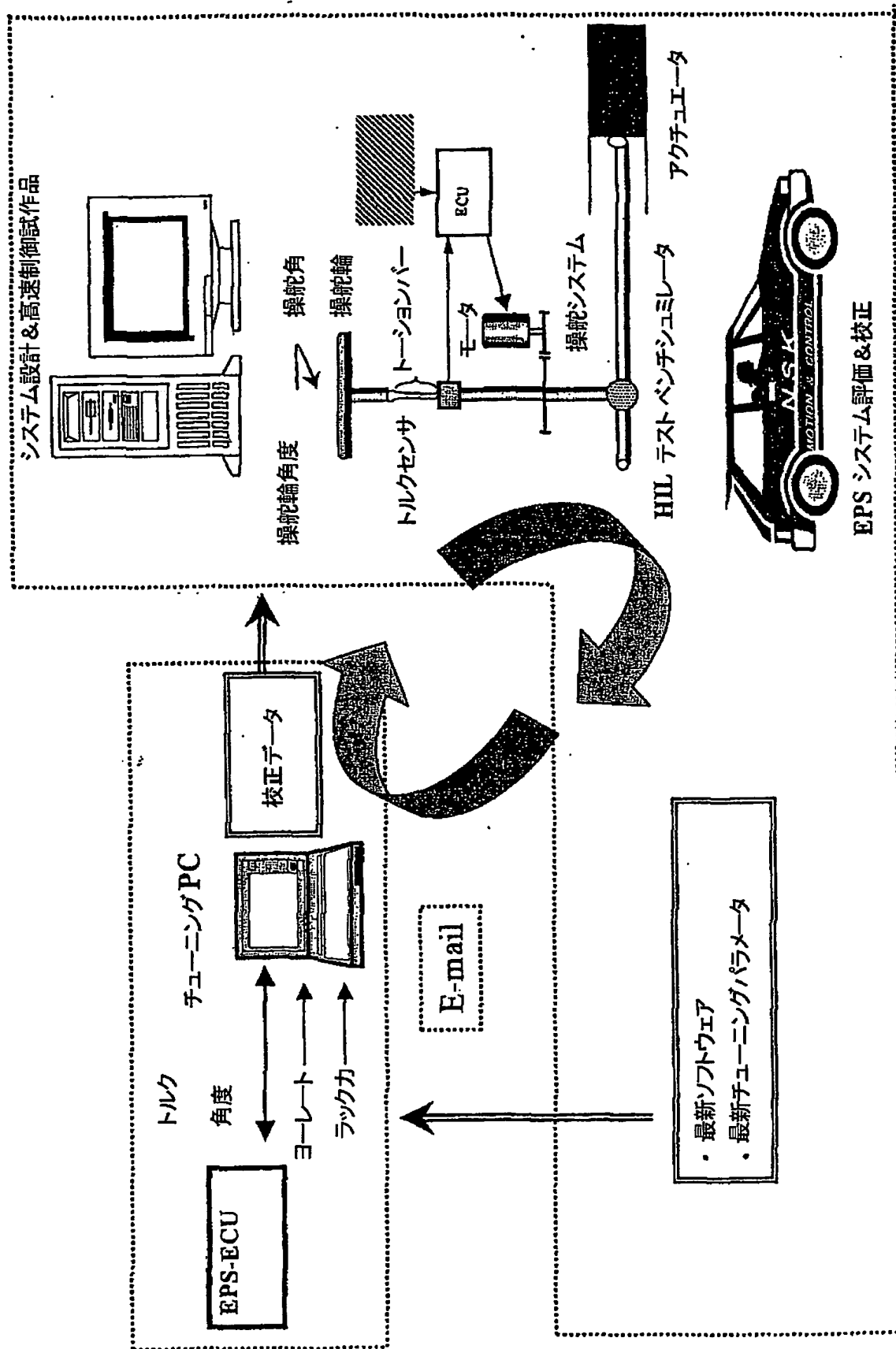
第1図



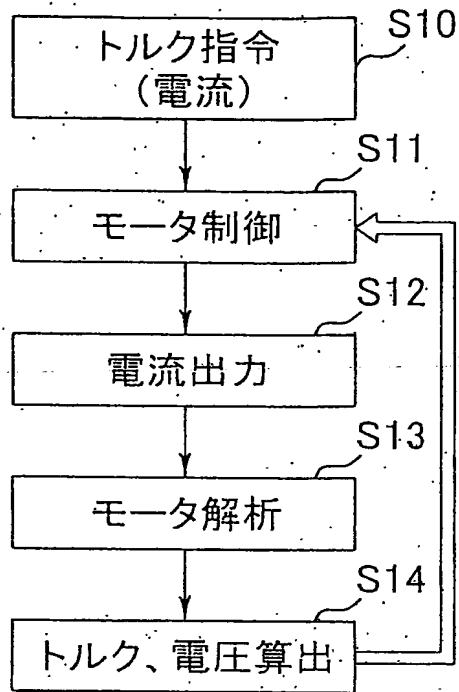
第2図



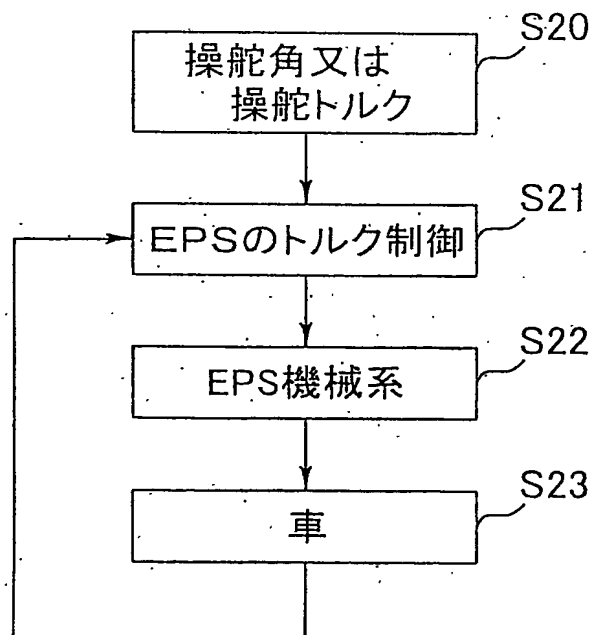
第3図



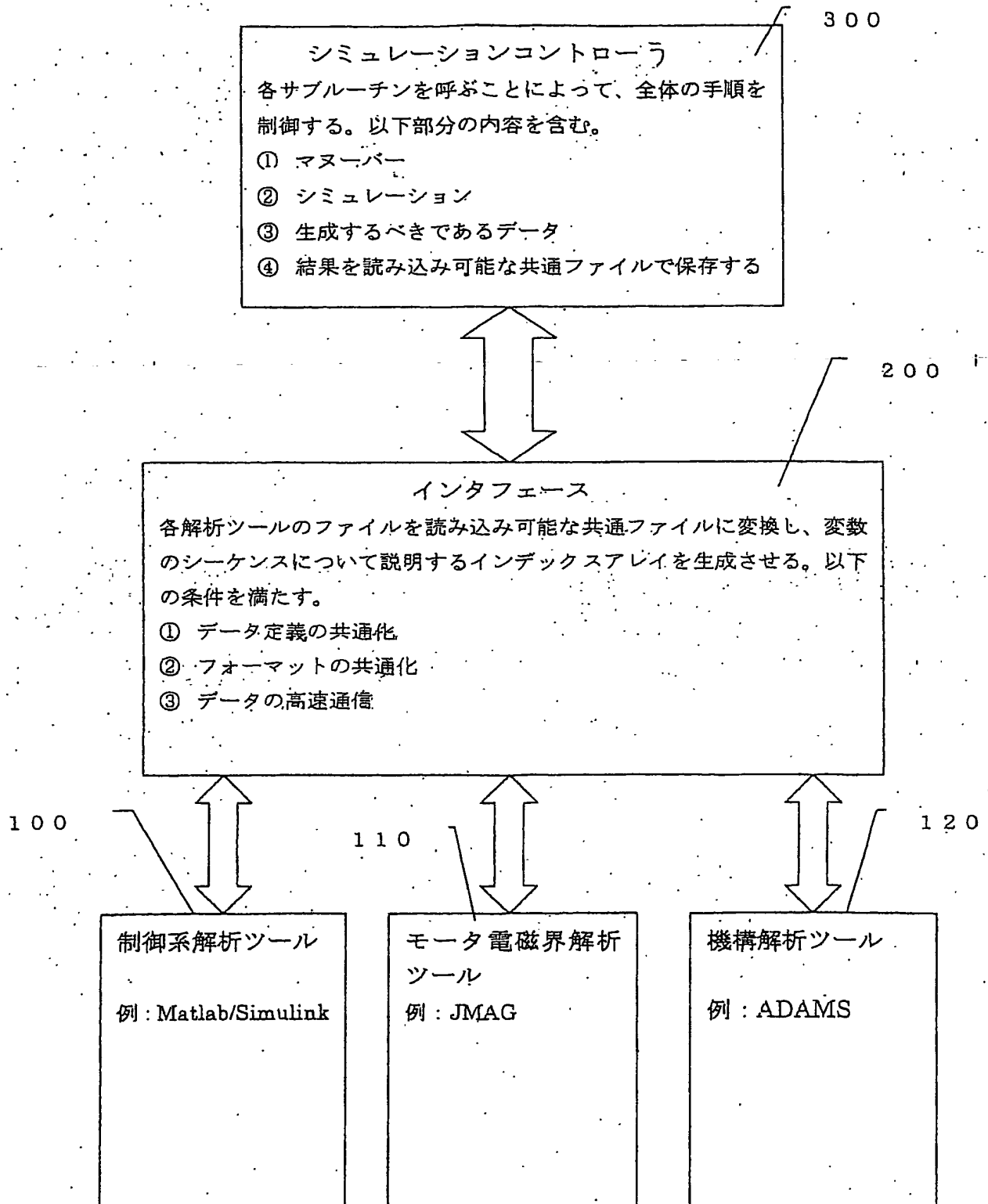
第4図



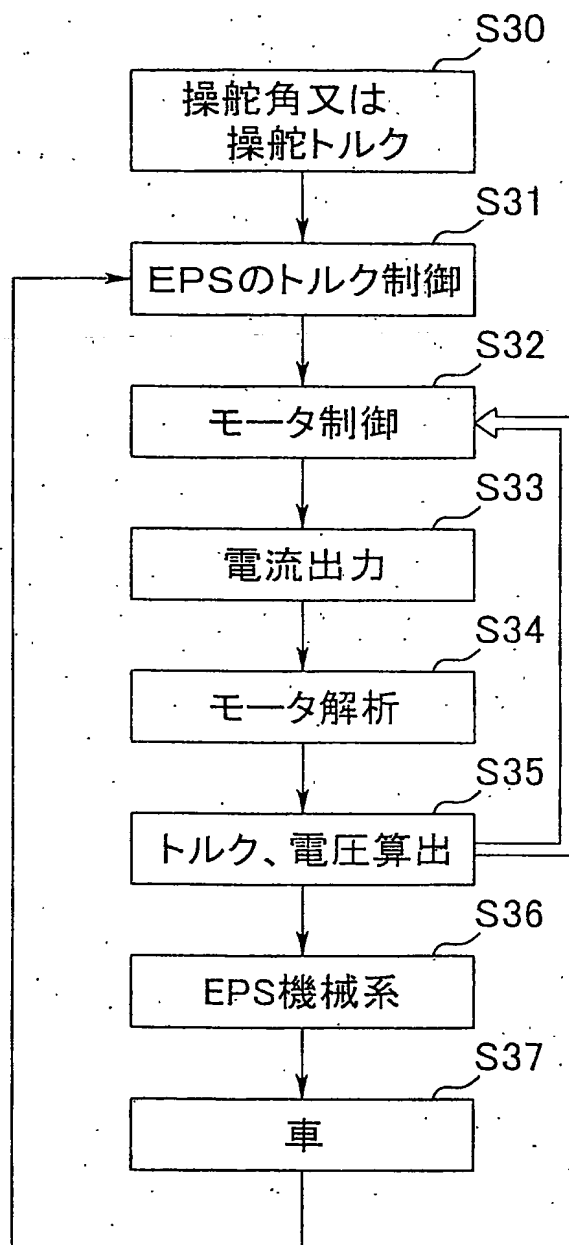
第5図



第6図



第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G06F17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPLUS FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Shinji NISHIMURA et al., "Power Steering System	1-3
Y	no Tame no CAE Gijutsu", Toyoda Koki Technical Review, 28 February, 2002 (28.02.02), No.150, pages 5 to 11	4-6
Y	JP 2000-242682 A (NEC Corp.), 08 September, 2000 (08.09.00), Full text; all drawings (Family: none)	4-6

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
09 December, 2003 (09.12.03)Date of mailing of the international search report
24 December, 2003 (24.12.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G06F17/50

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G06F17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPLUSファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	西村慎二ほか、パワーステアリングシステムのためのCAE技術、	1-3
Y	豊田工機技報、2002.02.28、第150号、5-11頁	4-6
Y	JP 2000-242682 A (日本電気株式会社) 2000.09.08、全文全図 (ファミリー無し)	4-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.12.03

国際調査報告の発送日

24.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 幸雄



5H

9191

電話番号 03-3581-1101 内線 3531